

Hannu Viitanen

# Suomalaisen puun luontaisen lahonkestävyyden hyödyntäminen

## Tiivistelmä

**P**uumateriaalin perusominaisuudet muotoutuvat ensisijassa puun perintötekijöiden ja kasvuolojen ohjaamina jo metsässä puun kasvuvaiheessa. Tämän jälkeen puumateriaaliin vaikuttavat puunkorjuu, kuljetus, valmistusprosessit, varastointi-, käsittely- ja käyttöolot sekä viime kädessä rakenteiden toimivuus. Puumateriaalin osalta lahonkestävyyteen tai säilyvyyteen vaikuttavat etenkin puulaji, pinta- ja sydänpuu sekä myös puun ikä ja tiheys. Viime kädessä puun säilyvyysominaisuudet (puun läpäisevyys, tiheys ja vastustuskyky eliöitä vastaan) perustuvat puun solurakenteeseen ja kemialliseen koostumukseen. Puumateriaalin olennainen ominaisuus on sen vaihtelevuus, mikä ilmenee puulajien, puuyksilöiden ja jopa saman puutavarakappaleen osien välillä. Puun lahonkestävyys liittyy ratkaisevasti puun käyttöoloihin. Säilyvyyttä voidaan edistää ottamalla huomioon ainakin seuraavat seikat: itse puumateriaalin ominaisuudet, käyttökohteen rasitusolot, rakenteet ja niiden detaljit, täydentävät käsittelyt (pintakäsittely, kyllästys ja modifiointi). Myös rakenteilta vaadittava varmuus ja kestoikä vaikuttavat materiaali- ja rakennerratkaisuihin. Käyttövaiheessa kosteus yhdessä lämpötilan ja niiden vaikutusajan kanssa luovat puumateriaalin säilyvyyskehukset. Lyhytaikaiset korkeatkaan kosteusrasitukset eivät ole lahoamisen kannalta kriittisiä, jos rakenteet pääsevät välillä kuivumaan. Pahimmillaan hyväkin materiaali voidaan pilata huonoissa käyttöoloissa ja väärillä ra-

kenneratkaisuilla ja rasittavissa oloissa, joissa lahotajasisienet tai hyönteiset päästetään valloilleen, kotimaisilla puulajeilla sellaisenaan tuskin on mahdollisuuksia.

## Puun lahonkestävyyden ja säilyvyyden perusteet

Puun lahonkestävyys ja säilyvyysominaisuudet perustuvat puun solurakenteeseen ja kemialliseen koostumukseen, joista puun läpäisevyys, tiheys ja vastustuskyky eliöitä vastaan olennaisesti riippuvat. Läpäisevyydellä tarkoitetaan lähinnä veden ja ilman pääsyä puun solukkoon. Se ei sellaisenaan suoraan lisää puumateriaalin lahonkestävyyttä, mutta se vähentää veden imeytymistä puun sisään. Tuoreella kuusella puun läpäisevyys on suhteellisen hyvä, mutta puun kuivuessa solujen huokoskalvot sulkeutuvat niin, että kuusi ei kunnolla kyllästy kovillakaan nestepaineilla. Männyn pintapuun kuivanakin hyvin läpäisevää, mutta sydänpuussa puun solukko ja etenkin huokokset ovat polymeroituneiden uuteaineiden vaikutuksesta sulkeutuneet.

Puun tiheydellä ei sellaisenaan ole suoraa vaikutusta puun lahonkestävyyteen. Useimmissa kestävyystä mittaavissa testeissä painohäviöt ilmaistaan suhteellisenä painohäviönä alkuperäisestä painosta, jolloin sama absoluuttinen painohäviö (massa) on suhteellisenä arvona (%) ilmaistuna tiheimmällä puulajilla huomattavasti pienempi kuin kevyem-

**Taulukko 1.** Eräiden puulajien sydänpuun lahonkestävyys standardin prEN 350-2 mukaan (1992).

Luokka	Kestävyys	Esimerkkilajeja
1	Hyvin kestävä	Tiikki, iroko, afzelia, bilinga
2	Kestävä	Jättituija, amerikanmahonki, tammi
3	Kohtalaisesti kestävä	Mänty, lehtikuusi, douglaskuusi, hikkori, afrikanmahonki
4	Jonkin verran kestävä	Mänty, kuusi, hemlocki, kuusi
5	Ei kestävä	Koivu, leppä, haapa, pyökki, vaahtera

mällä puulajilla. Tämä osaltaan aiheuttaa virhepäätelmiä tiheystarkasteluihin. Toisaalta puun tiheyteen vaikuttavat myös uuteaineiden määrä ja laatu, jolloin tiheydellä voi olla myös todellista vaikutusta säilyvyyteen.

Puun säilyvyys riippuu viimekädessä puusolukon rakenteesta ja siihen kertyneiden uuteaineiden määrästä ja laadusta. Esim hyvin kestävässä tropiikin puulajeissa on monia jopa allergisia reaktioita aiheuttavia aineosia (fenoleja, alkaloideja, tanniineja), jotka tekevät niistä ankarissakin oloissa säilyviä. Kotimaisilla puulajeilla etenkin tammen, männyn ja lehtikuusen sydänpuussa katsotaan olevan sellaisia uuteaineita, joilla on merkitystä säilyvyyteen.

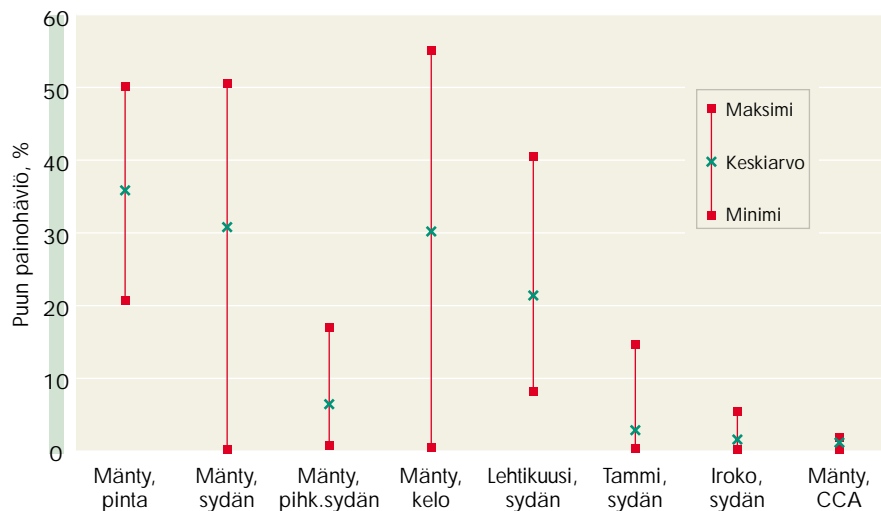
Suomalaiset puulajit eivät sellaisenaan ole erityisen lahonkestäviä ankarissa oloissa

Puumateriaalin perusominaisuudet muotoutuvat ensisijassa puun perintötekijöiden ja kasvuolojen ohjaamina jo metsässä puun kasvuvaiheessa. Eri puulajien pintapuu ei useinkaan ole lahonkestävää, vaan kestävyys keskittyy ja rajoittuu sydänpuuhun. Suomessa kasvavien ja yleisessä käytössä olevien puulajien sydänpuun ei katsota olevan ankarissa, laholle otollisissa oloissa sellaisenaan erityisen kestäviä tai säilyviä, kun niitä verrataan eräisiin todella lahon- ja hyönteisten kestäviin tropiikin puulajeihin (taulukko 1). Tässä suhteessa kotimaisista puulajeista lähinnä tammen sydänpuu on lahoa kestävä. Lehtikuusen sydänpuun kestävyys on kuta kuinkin männyn sydänpuun luokkaa, mutta tulokset vaihtelevat kummankin puulajin osalta hyvin

laajasti. Ne sijoitetaan eurooppalaisessa standardissa prEN 350-2 ja 350-1 (1992) luokkaan 3–4 (kohtalaisesti kestävä tai jonkin verran kestävä). Yleensä Suomessa yleisimmin käytössä olevien kotimaisten puulajien lahonkestävyys voidaan asettaa seuraavaan järjestykseen altteimmista puulajeista alkaen: haapa, koivu, leppä, männyn pintapuu, lehtikuusen pintapuu, kuusi, männyn sydänpuu, lehtikuusen sydänpuu, tammen sydänpuu.

Käytännössä puun lahonkestävyys on varmistettu teollisella painekyllästyksellä, jossa helposti vettä läpäisevä pintapuu kyllästyy kauttaaltaan tai lähes kauttaaltaan. Vaatimusten mukaan kyllästetyn männyn pintapuun kestävyys on hyvä, joskin siinäkin voidaan havaita jonkin verran vaihtelua kyllästeestä ja ilmeisesti myös puun laadusta riippuen. Toisaalta tiedämme, että yksittäisen puulajin, ja jopa saman rungon puitteissa, lahonkestävyys vaihtelee hyvin laajasti (kuva 1). Viimeisimpien Suomessa saatujen tulosten mukaan (Paajanen ym. 1996) lehtikuusen sydänpuun lahonkestävyys vaihtelee eri lehtikuusityyppien välillä vastaten suurin piirtein männyn sydänpuun lahonkestävyyttä. Sellaisenaan lehtikuusen sydänpuun kestävyys ei vastaa standardien mukaan CCA-kyllästetyn männyn pintapuun lahonkestävyyttä ja tulokset vahvistavat aiempaa käsitystä lahonkestävyyden suuresta vaihtelusta samasta lankustakin otettujen kappaleiden välillä.

Männyn osalta pintapuu on usein hyvin herkkä vioittumaan ja lahoamaan, sydänpuu sen sijaan on vaihdellen kestävämpi. Yleensä Etelä-Suomen sahatukeissa (ikä noin 60–80 vuotta), pintapuu on vallitseva ja sydänpuun osuus on pienempi riippuen tukkien läpimitasta. Maksimissaan männyn sydänpuun osuuden on havaittu olevan noin



**Kuva 1.** Eräiden puulajien lahonkesto ankaria olosuhteita simuloivan EN 113 -kokeen mukaan. Tulokset on kerätty eri aikoina ja eri sienilajeilla tehdyistä kokeista. Vertailumateriaalina on A-luokan kyllästetty puu (CCA-kyllästetty männyn pintapu). Puu on sitä kestävämpää, mitä pienempi on sienien aiheuttama painohäviö (Viitanen ym. 1993).

40–50 %, Pohjois-Suomessa jopa 60–70 % (Kellomäki 1981, Löyttyniemi 1986). Sydänpuun kehittyminen alkaa männyllä noin 20–40 vuoden iässä ja sydänpuun osuuden katsotaan olennaisesti lisääntyvän vasta männyn iän ollessa yli 100 vuotta. Sydänpuun osuus ei välttämättä sellaisenaan ole merkityksellinen puun säilyvyyden kannalta. Tärkeä on myös sen laatu (esim pihkapitoisuus). Puun pihkaisuuteen voidaan puun kasvuvaiheessa vaikuttaa eri menetelmin (Kärkkäinen 1981). Toisaalta hakkuiden siirtäminen ja sydänpuun osuuden kasvattaminen ei välttämättä johda kestävyiden kannalta toivottuun tulokseen, sillä vanhoissa männyissä on riskinä sydänpuun lahoisuuden ja bakteerivaurioiden lisääntyminen iän kasvaessa (Kärkkäinen 1996).

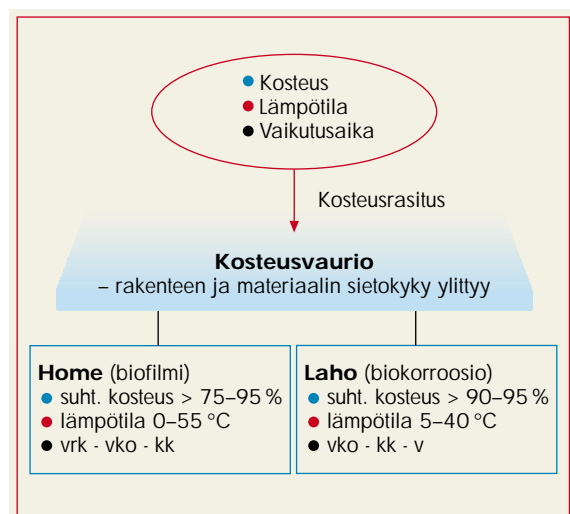
Lehtikuusta tarkasteltaessa sydänpuun kehittyminen alkaa aikaisemmin ja sen osuus rungosta on selvästi suurempi (jopa lähes 80 %) kuin männyllä (Tuimala 1992). Tämän vuoksi lehtikuusesta saadaan varmemmin pelkästään tai vallitsevasti sydänpuuta sisältäviä saheita kuin vastaavasta mänty-tukista, jos asiaa tarkastellaan sydänpuun osuuden kannalta. Toisaalta lehtikuusen saatavuus, tekninen laatu, kuivaus, pintakäsittely ja kuivauksen ja

käytön aikaiset muodonmuutokset ovat tärkeitä tekijöitä lehtikuusen käytön kannalta.

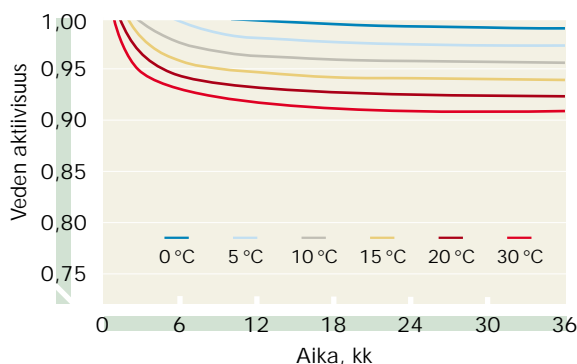
#### Puu käyttökohde vaikuttaa kestävyteen

Puun lahonkestävyys liittyy ratkaisevasti puun käyttöoloihin. Säilyvyyttä voidaan edistää ottamalla huomioon ainakin seuraavat seikat: itse puumateriaalin ominaisuudet, käyttökohteen rasitusolot, rakenteet ja niiden detaljit, täydentävät käsittelyt (pintakäsittely, kyllästys ja modifiointi). Lahoviikan johtavissa oloissa puu ei suinkaan yleensä lahoa tasaisesti, vaan laho kehittyy ensin vain paikallisesti, leviten alkamiskohdastaan laajemmalle etenkin puusta itsestään, ympäristöstä ja lahon aiheuttajasta (mikrobista) riippuen.

Puurakenteiden osalta kosteus yhdessä lämpötilan ja niiden vaikutusajan kanssa luovat puumateriaalin säilyvyyskehykset. Kuvassa 2 on esitetty lahon kehittymisen kannalta kriittiset olot (Viitanen 1996). Tulosten mukaan lahon kehittyminen vaatii puun kostumisen pitkäaikaisesti lähellä puusolujen kyllästymispistettä (RH yli 95 %) lämpötilan ollessa samalla otollisen lahon kehittymiselle.



**Kuva 2.** Kosteusvauriossa materiaalien ja rakenteiden sietokyky ylittyy pitkäaikaisesti, jolloin seurauksena ovat home- tai laho-ongelmat. Ongelmien kehittymiseen ja puun säilyvyyteen vaikuttavat olennaisesti sekä kosteus ja lämpötila että niiden vaikutusaika. Homeen kehittymiseen tarvittava ilman suhteellinen kosteus on alempi ja vaikutusaika huomattavasti lyhyempi kuin vastaava lahon kehittymiseen tarvittava aika. Laho kehittyy lähinnä vain silloin, kun ilman suhteellinen kosteus on hyvin pitkään yli 95 % ja puun kosteus lähellä puusyiden kyllästymispistettä (puun kosteus 25–30 %).



**Kuva 3.** Lahon kehittymisen kannalta kriittinen veden aktiivisuus (huokosilman suhteellinen kosteus / 100) ja lämpötila niiden vaikutusajan funktiona männyn pintapuussa (Viitanen 1996). Ajalla tarkoitetaan sitä aikaa, jonka kuluessa laho ehtii käynnistymään ja aiheuttamaan lievää painohäviötä, vaikka silmin näkyvää muutosta ei puussa vielä olisikaan havaittavissa.

Lyhytaikaiset korkeatkaan kosteusrasitukset eivät ole lahoamisen kannalta kriittisiä, jos rakenteet pääsevät välillä kuivumaan. Pahimmillaan hyväkin materiaali voidaan pilata huonoissa käyttöoloissa ja väärillä rakenneratkaisuilla ja rasittavissa oloissa, joissa lahottajasienet tai hyönteiset päästetään valloilleen, kotimaisilla puulajeilla sellaisenaan tuskin on mahdollisuuksia.

Homeen kehittymisen kannalta kosteus- ja lämpöolot sekä niiden kriittinen vaikutusaika poikkeavat huomattavasti lahon kehittymiseen vaadittavista oloista. Toisaalta home liittyy lähinnä pinnan materiaaliominaisuuksiin, jolloin itse pohjamateriaalin ominaisuudet eivät aina ole ratkaisevia. Toisaalta esim. keinokuivauksen seurauksena puun pinta saattaa muuttua myös homealttiimmaksi, kun kuivauksen aikana sahatavaran pintaan kertyy sokeri- ja tyyppiyhdisteitä (Viitanen ja Bjurman 1994). Tutkimuksen ja käytännön havaintojen mukaan puun perustavaa laatua olevat materiaaliominaisuudet säilyvät, vaikka pintakäsittely, puunsuojaus ja modifiointi niitä olennaisesti muokkaavatkin.

Laboratorioissa puun lahonkestävyyttä mitataan usein standardin EN 113 mukaan. Se on kehitetty lähinnä kyllästeiden tehokkuuden määrittämiseen ja se on sellaisenaan vaativa menetelmä. Testaamisen ongelmana on kuitenkin aina se, että tulokset tulisi saada kohtuullisessa ajassa. Standardin EN 113 mukaisten testitulosten ja eri kosteus- ja lämpötilojen välillä voidaan löytää riippuvuutta (Viitanen 1996). EN 113 -kokeessa puun lahoaminen on keskimäärin noin 5 kertaa nopeampaa verrattuna oloihin, joissa ilman suhteellinen kosteus on 97–98 % lämpötilan ollessa sama. Lievemmissä rasitusoloissa luontaista lahonkestävyyttä voidaan hyödyntää olennaisesti paremmalla menestyksellä kuin oloissa, joissa lahottajasienet tai hyönteiset päästetään valloilleen.

#### Tutkimusta tarvitaan

Tieto puumateriaalin keskeisistä kestävyysominaisuuksista ja siitä, minkälaista puuta metsissämme tuotetaan ja miten siihen voidaan metsänhoidollisesti ja prosessiteknisesti vaikuttaa ovat tärkeitä tulevaisuuden kysymyksiä. On tärkeää myös selvittää, löytyykö metsistämme tai lähialueelta sel-

laista puuvarantoa, mitä voidaan säilyvyyttä ajatellen hallitusti hyödyntää. Käytännön tarpeiden kannalta on erityisen tärkeää tuntee sekä itse puumateriaalin kestävyysominaisuudet ja niitä lisäävät tekijät että myös puumateriaalin säilyvyys suhteutettuna käyttöoloihin ja -rasituksiin. Vasta tällöin saadaan puusta irti koko se mahdollisuus, minkä se ekologisena materiaalina antaa. Tämä vaatii sekä koti- että ulkomaista tutkimusyhteistyötä.

## Kirjallisuus

- European standard prEN 350-1. 1992. Wood and wood based products – Natural durability of wood – Part 1: Principles of testing and classification of the natural durability of wood.
- European standard prEN 350-2. 1992. Wood and wood based products – Natural durability of wood – Part 2: Natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe.
- Kellomäki, S. 1981. Mäntysahatukkien laadun ja sydänpuuosuuden yhteys tukin ulkoisiin tunnuksiin. *Folia Forestalia* 489. 13 s.
- Kärkkäinen, M. 1981. Männy ja kuusen runkopuun pihkapitoisuuden lisääminen sivutuotesaannon kohottamiseksi. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96 (8). 81 s.
- 1996. Onko metsien laatukasvatusidea kestävän kehityksen mukainen. SMS. Metsätieteen päivät: Puun laatu, 10.–11.12.1996, Joensuu.
- Löyttyneemi, K. 1986. Männy sydänpuu – luonnon kestopuuta. Männy sydänpuun luontaisen lahon- ja hyönteiskestävyyden hyväksikäytöstä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 231. 50 s.
- Paajanen, L., Viitanen, H. & Viitaneniemi, P. 1996. Lehtikuusen lahonkestävyys ja sen hyödyntäminen. VTT Rakennustekniikka, tutkimusraportti. 9 s. + liitt. 26 s.
- Tuimala, A. 1992. Lehtikuusipuun ominaisuudet ja käyttö. Julkaisussa: Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim). Metsäntutkimuspäivä Kajaani 1992. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 464: 79–90.
- Viitanen, H., Paajanen, L., Nurmi, A. & Viitaneniemi, P. 1993. Korvaako lehtikuusi kyllästetyn puun. *Paperi ja Puu* 75 (9–10): 680–681.
- Viitanen, H. 1996. Factors affecting the development of mould and brown rot decay in wooden material and wooden structures. Effect of humidity, temperature and exposure time. Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Products. 58 s.
- & Bjurman, J. 1995. Mould growth on wood at fluctuating humidity conditions. *Mat und Org.* 29(1): 27–46.

■ Kirjoittaja työskentelee Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusasemalla.